

520.43433X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): Ako SHOSE, et al  
Serial No.:  
Filed: January 29, 2004  
Title: SURGICAL OPERATION ASSISTANCE SYSTEM AND  
SURGICAL OPERATION METHOD  
Group:

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

January 29, 2004


Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Patent Application No.(s) 2003-048708 filed February 26, 2003.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

  
\_\_\_\_\_  
Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK/nac  
Attachment  
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 6 日  
Date of Application:

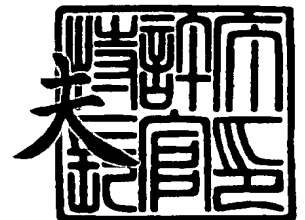
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 4 8 7 0 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 4 8 7 0 8 ]

出   願   人            株式会社日立製作所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】	特許願
【整理番号】	NT03P0024
【提出日】	平成15年 2月26日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	A61B 19/00
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社日立製作所 機械研究所内
【氏名】	庄勢 亜子
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社日立製作所 機械研究所内
【氏名】	菅 和俊
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県土浦市神立町 5 0 2 番地 株式会社日立製作所 機械研究所内
【氏名】	桃井 康行
【特許出願人】	
【識別番号】	000005108
【氏名又は名称】	株式会社日立製作所
【代理人】	
【識別番号】	100068504
【弁理士】	
【氏名又は名称】	小川 勝男
【電話番号】	03-3661-0071

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100086656**【弁理士】****【氏名又は名称】** 田中 恭助**【電話番号】** 03-3661-0071**【選任した代理人】****【識別番号】** 100094352**【弁理士】****【氏名又は名称】** 佐々木 孝**【電話番号】** 03-3661-0071**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 081423**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【プルーフの要否】** 要**【その他】** 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成14年度新エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）

【書類名】 明細書

【発明の名称】 手術支援システム及び手術支援方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

患部を撮像する撮像装置と、  
撮像された患部の立体画像を作成する画像作成部と、  
手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を入力する基準点入力部と、  
前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を計算する手術経路計算部と、  
前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する画像処理部と、  
前記画像処理部で処理された画像を表示する画像表示装置と  
を備えることを特徴とする手術支援システム。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記立体画像から必要部分の画像を抽出する画像抽出部を備え、前記抽出された画像を所望状態に表示可能に処理する画像処理部としたことを特徴とする手術支援システム。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、表示させたいスライス画像用の任意線を指定するスライス画像用任意線入力部を備え、前記指定されたスライス画像用の任意線に基づいてスライス画像を表示可能に処理する前記画像処理部としたことを特徴とする手術支援システム。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れかにおいて、前記計算された手術経路に沿って術具を用いて患部を自動的に手術する手術ロボットを備えることを特徴とする手術支援システム。

【請求項 5】

患部を撮像する撮像装置と、

術具を用いて患部を手動で手術する手術ロボットと、  
前記手術ロボットの術具の位置情報を前記撮像装置で撮像された患部の画像に統合する位置情報統合部と、  
撮像された患部の立体画像を作成すると共に、前記位置情報統合部の統合された情報に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成する画像作成部と、  
手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を入力する基準点入力部と、  
前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を計算する手術経路計算部と、  
前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する画像処理部と、  
前記画像処理部で処理された画像を表示する画像表示装置と  
を備えることを特徴とする手術支援システム。

#### 【請求項 6】

請求項 5 において、計算された手術経路に沿って術具を用いて患部を自動でも手術する手術ロボットとすると共に、前記手術ロボットの自動での手術と手動での手術とを切替え可能としたことを特徴とする手術支援システム。

#### 【請求項 7】

患部を撮像装置により撮像し、  
前記撮像された患部の立体画像を画像作成部により作成し、  
手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を基準点入力部により入力し、  
前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算し、  
画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理し、  
前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示することを特徴とする手術支援方法。

**【請求項 8】**

患部を撮像装置により撮像し、  
手術ロボットの術具を用いて患部を手動で手術し、  
前記手術ロボットの術具の位置情報を前記撮像装置で撮像された患部の画像に位置情報統合部により統合し、  
画像作成部により、撮像された患部の立体画像を作成すると共に、前記位置情報統合部の統合された情報に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成し、  
手術の種類および前記立体画像に基づいて患部の手術経路の基準点を基準点入力部により入力し、  
入力された手術の種類および基準点に基づいて滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算し、  
画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理し、  
前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示することを特徴とする手術支援方法。

**【請求項 9】**

請求項 8 において、3 つ以上のマーカを貼り付けた状態で患部を撮像装置により撮像して医用画像を作成し、このマーカを貼り付けたと同じ場所に実際の患者に同数のマーカを貼り付け、このマーカの位置座標を三次元位置計測装置にて計測して  $3 \times 3$  以上の行列で表し、この行列を前記医用画像上のマーカの位置座標を表す  $3 \times 3$  以上の行列に前記座標統合部で変換し、この変換された行列に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成することを特徴とする手術支援方法。

**【請求項 10】**

整形外科手術を支援するためのコンピュータに、  
患部を撮像装置により撮像する手順と、  
前記撮像された患部の立体画像を画像作成部により作成する手順と、  
手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を基準点入力部に

より入力する手順と、

前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算する手順と、

画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する手順と、

前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示する手順と  
を実行させるためのプログラム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、手術支援システムに係り、特にコンピュータを用いて成形外科手術を支援するのに好適な手術支援システムに関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

近年、医用画像の撮像装置の発達に伴い、コンピュータ上に表示した医用画像を参考にして手術を計画する方法が普及している。それに伴い、手術計画をコンピュータ上で支援する装置が開発されている。

##### 【0003】

そのような従来技術として、患部を撮像する撮像装置と、撮像された患部の立体画像を作成する画像作成部と、手術経路を計算する手術経路計算部と、立体画像および手術経路を表示する画像表示装置とを備える手術支援システムがある。

##### 【0004】

これに関連するものとして、特開2000-113086号公報（特許文献1）、特開2001-293007号公報（特許文献2）及び特開平11-15581号公報（特許文献3）が挙げられる。

##### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開2000-113086号公報（第1図）

##### 【特許文献2】



特開 2001-293007 号公報 (第 11 図)

【特許文献 3】

特開平 11-15581 号公報 (第 14 図)

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

前記特許文献 1～3 の手術支援システムは、撮像された患者の医用画像を利用して患部までの手術経路を低侵襲で行えるように主に脳外科手術で用いられるものであり、患部の骨切りなどの整形外科手術で用いることに配慮されているものではなかった。特に、成形外科手術では患部を滑らかな手術経路を設定することが必要であるが、前記特許文献 1～3 ではこれに十分に対応できるように配慮されているとは言えなかった。

【0007】

本発明の目的は、患部の滑らかな手術経路を簡単に設定でき、これによって整形外科手術を容易に且つ確実に行える手術支援システム及び手術支援方法並びにそのプログラムを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明は、患部を撮像する撮像装置と、撮像された患部の立体画像を作成する画像作成部と、手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を入力する基準点入力部と、前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を計算する手術経路計算部と、前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する画像処理部と、前記画像処理部で処理された画像を表示する画像表示装置とを備える手術支援システムとしたものである。

【0009】

ここで、より好ましい構成は、次の通りである。前記立体画像から必要部分の画像を抽出する画像抽出部を備え、前記抽出された画像を所望状態に表示可能に処理する画像処理部としたものである。また、表示させたいスライス画像用の任意線を指定するスライス画像用任意線入力部を備え、前記指定されたスライス画

像用の任意線に基づいてスライス画像を表示可能に処理する前記画像処理部としたものである。また、前記計算された手術経路に沿って術具を用いて患部を自動的に手術する手術ロボットを備えるようにしたものである。また、前記計算された手術経路に沿って術具を用いて患部を自動的に手術する手術ロボットを備えるようにしたものである。

#### 【0 0 1 0】

前記目的を達成するために、本発明は、患部を撮像する撮像装置と、術具を用いて患部を手動で手術する手術ロボットと、前記手術ロボットの術具の位置情報を前記撮像装置で撮像された患部の画像に統合する位置情報統合部と、撮像された患部の立体画像を作成すると共に、前記位置情報統合部の統合された情報に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成する画像作成部と、手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を入力する基準点入力部と、前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を計算する手術経路計算部と、前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する画像処理部と、前記画像処理部で処理された画像を表示する画像表示装置とを備えるものである。

#### 【0 0 1 1】

ここで、より好ましい構成は、計算された手術経路に沿って術具を用いて患部を自動でも手術する手術ロボットとすると共に、前記手術ロボットの自動での手術と手動での手術とを切替え可能としたものである。

#### 【0 0 1 2】

前記目的を達成するために、本発明は、患部を撮像装置により撮像し、前記撮像された患部の立体画像を画像作成部により作成し、手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を基準点入力部により入力し、前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算し、画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理し、前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示するようにしている。

#### 【0 0 1 3】

前記目的を達成するために、本発明は、患部を撮像装置により撮像し、手術ロボットの術具を用いて患部を手動で手術し、前記手術ロボットの術具の位置情報を前記撮像装置で撮像された患部の画像に位置情報統合部により統合し、画像作成部により、撮像された患部の立体画像を作成すると共に、前記位置情報統合部の統合された情報に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成し、手術の種類および前記立体画像に基づいて患部の手術経路の基準点を基準点入力部により入力し、入力された手術の種類および基準点に基づいて滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算し、画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理し、前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示するようにしている。

#### 【0014】

ここで、より好ましくは、3つ以上のマーカを貼り付けた状態で患部を撮像装置により撮像して医用画像を作成し、このマーカを貼り付けたと同じ場所に実際の患者に同数のマーカを貼り付け、このマーカの位置座標を三次元位置計測装置にて計測して $3 \times 3$ 以上の行列で表し、この行列を前記医用画像上のマーカの位置座標を表す $3 \times 3$ 以上の行列に前記座標統合部で変換し、この変換された行列に基づいて前記立体画像に前記術具の画像を重ねた画像を作成することである。

#### 【0015】

前記目的を達成するために、本発明は、整形外科手術を支援するためのコンピュータに、患部を撮像装置により撮像する手順と、前記撮像された患部の立体画像を画像作成部により作成する手順と、手術の種類および前記立体画像に基づいて手術経路の基準点を基準点入力部により入力する手順と、前記入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を手術経路計算部により計算する手順と、画像処理部により前記立体画像および前記手術経路を所望状態に表示可能に処理する手順と、前記画像処理部で処理された画像を画像表示装置により表示する手順とを実行させるためのプログラムである。

#### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施例を、図1～図6を参照しながら説明する。本実施

例は、手術ロボットを使用して寛骨臼回転骨切り術（以下、RAOと称す）による手術を行う場合の適用例について説明する。

#### 【0017】

最初に、RAOに関して図2を参照しながら説明する。図2は股関節の骨を示す図「寺山和雄、辻陽雄監訳：“整形外科医のための手術解剖学図説”、南江堂、pp344(1998)」である。

#### 【0018】

RAOを適用する患者が、例えば、股関節の寛骨臼蓋110の形状が形成不全のため大腿骨頭の上部を覆うような形状になっておらず、欠損部111を生じた状態になっている場合に、大腿骨頭113が寛骨臼蓋110より外側に少し突き出たような状態で体重がかかることになる。そのため、寛骨臼蓋110にかかる力は全体ではなく体の中央側の縁に集中してかかることとなり、患者は歩くたびに痛みを感じるようになる。

#### 【0019】

RAOは、例えば、前記のような症状を持つ患者に対して寛骨臼蓋110を太線で示した骨切線112で切り、大腿骨頭113の上部が寛骨臼蓋110全体で覆われるように骨切線112で囲んだ部分を矢印方向に回転させる手術である。

#### 【0020】

本実施例は、手術計画通りに滑らかな球面状に骨を切ること、また、切開範囲が小さくて創外固定器（接合した骨が固まる前に歩行可能な補助具）を併用することで手術後の早期自立移動を可能とするように手術ロボットを用いて整形外科手術することを想定し、その際に必要となる手術支援システムに係るものである。

#### 【0021】

次に、図1を参照しながら本実施例の手術支援システムを説明する。図1は手術支援システムを示す構成図である。

#### 【0022】

手術支援システム4は、手術計画システム1、手術ロボット2およびナビゲーションシステム3を備えて構成されている。この手術支援システム4はコンピュ

ータや各種の入力装置や出力装置などから構成されている。手術計画システム 1 は、患部の状態を把握する患部形状把握機能部 10 と、患部状態に合わせた手術経路を設定する手術経路設定機能部 11 とを備えて構成されている。この手術計画システム 1 は、患部形状把握機能部 10 で患部の状態を把握し、手術経路設定機能部 11 で患部状態に合わせた最適な手術経路を設定し、これらに基づいて患部形状把握機能部 10 で手術計画の最適性を調べるように構成されている。

#### 【0023】

コンピュータは、撮像装置 100、画像作成部 101、画像抽出部 102、画像処理部 103、画像を表示する画像表示装置 104、スライス画像用任意線入力部 105、基準点入力部 108、手術経路計算部 107、位置情報統合部 302 を備えて構成されている。これらの構成要素はプログラムにより構成されると共に、後述する動作手順により実行される。なお、コンピュータは複数に分割されていてもよい。

#### 【0024】

そして、手術支援システム 4 は、手術前に手術計画システム 1 を用いて手術を計画し、手術中はナビゲーションシステム 3 を用いて、手術計画と患者に対する手術ロボット 2 の位置情報を患者の医用画像に重ね合わせて医師に提示するシステムである。本実施例では、手術計画システム 1 とナビゲーションシステム 3 は図 1 に示すように一部を共用して構成されている。

#### 【0025】

手術計画システム 1 は、患部の状態を把握する患部形状把握機能部 10 と、患部状態に合わせた手術経路を設定する手術経路設定機能部 11 とを備えて構成されている。この手術計画システム 1 は、患部形状把握機能部 10 で患部の状態を把握し、手術経路設定機能部 11 で患部状態に合わせた最適な手術経路を設定し、これらに基づいて患部形状把握機能部 10 で手術計画の最適性を調べるように構成されている。

#### 【0026】

患部形状把握機能部 10 は、患部の画像を撮像する撮像装置 100 と、スライス画像や立体画像を作成する画像作成部 101 と、作成された画像から必要部分

の画像を抽出する画像抽出部 102 と、抽出した画像を所望の状態に表示できるように処理する画像処理部 103 と、画像を表示する画像表示装置 104 と、見たいスライス画像を指定するスライス画像用任意線入力部 105 と、を備えて構成されている。

#### 【0027】

この患部形状把握機能部 10 は、患部周辺の医用画像を撮像装置 100 で撮像し、撮像された医用画像ファイルを画像作成部 101 で読み込みスライス画像や立体画像を作成し、作成した立体画像より骨の部分のみを画像抽出部 102 で画像抽出し、抽出した骨の立体画像を回転表示可能なように画像処理部 103 において画像処理し、この画像を画像表示装置 104 で医師に提示するように構成されている。これによって、医師が様々な角度から骨の形状を調べることを可能としている。

#### 【0028】

なお、撮像装置 100 は、内視鏡画像、電子顕微鏡画像、CCDカメラによる撮像画像、MRI、CT画像、超音波画像、RIまたはその他の患部画像を撮像する機器である。画像表示装置 104 は、画像処理部 103 より送出された画像情報を、CRT、ヘッド・マウント・ディスプレイまたはその他の画像表示装置、または患者上に直接画像情報を投影して表示する機器である。

#### 【0029】

手術計画において、医師が臼蓋形成状態を良く調べられるように骨の形状をスライス断面で見たい時には、患部形状把握機能部 10 を用いて、スライス画像用任意線入力部 105 で見たいスライス画像を指定し、画像処理部 103 で画像処理し、画像表示装置 104 でスライス画像を医師に提示する。これによって、医師が適切な手術計画を立てることを可能としている。

#### 【0030】

スライス画像用任意線入力部 105 でスライス画像を指定する際は、画像表示装置 104 に表示されたメニュー画面より「任意線によるスライス断面表示」を選択する。これによって、画像表示装置 104 に患部の立体画像提示画面が表示されると共にその画面の端に図3のようなダイアログ画面 123 が現れる。

**【0031】**

そして、患部の立体画像における任意点をマウスクリックすると、その点の色が変わり、スライス画像用任意線の1つめの通過点が指定される。なお、通過点を修正する場合には、ダイアログ画面123で該当点の修正ボタン120を押してから、患部の立体画像提示画面における修正点をマウスクリックし直すことにより、通過点を新たな修正点に変更することができる。スライス画像用任意線の2つ目の通過点を指定するときは、1つめの通過点を指定した後に修正ボタン120を押さずにマウスクリックする。これによって、マウスクリックした点を自動的に2つ目の通過点として認識する。通過点を指定する際は、マウสดラッグすることにより患部の立体画像を自由に回転させながら通過点を指定することができる。

**【0032】**

2つ目の通過点を指定すると、上下2点を通るスライス画面が立体画像提示画面にかわって表示される。このスライス画面の方向が適切でない場合には、スライス画面の方向をマウสดラッグにより希望するスライス画面まで動かして変更する。ここで、ダイアログ画面123の確定ボタン121を押すと、スライス画面の断面が表示される。これによって、医師が適切な手術計画を立てることを可能としている。

**【0033】**

なお、ダイアログ画面123でスライス方向の修正ボタン122を押すと、このスライス画面の方向を決める時点から指示し直すことが出来る。また、ダイアログ画面123で通過点1あるいは通過点2の修正ボタン120を押すと通過点の場所を決める時点から指示し直すことが出来る。

**【0034】**

手術経路設定機能部11は、手術経路の基準を入力する基準点入力部108と、入力した基準に基づいて手術経路を計算する手術経路計算部107と、計算した手術経路を表示する手術経路確認部とを備えて構成されている。手術経路確認部は画像処理部103および画像表示装置104を図1に示すように共用して構成されている。

**【0035】**

手術経路設定機能部 11 は、医師が、画像表示装置 104 のメニューバーより手術の種類を「骨切線の設定」と指定し、手術経路線を近似する線や面の種類を「球面」と指定し、種類に応じた数の基準点（この場合は球面なので 4 点）を基準点入力部 108 で入力した後、入力した基準点を通る球面を手術経路計算部 107 で計算し、計算した球面と骨との交線を手術経路確認部の画像表示装置 104 で医師に提示する機能を有している。なお、手術経路設定機能部 11 は、医師が、メニューバーより手術の種類を「骨切線の設定」と指定した後に、入力したい基準点の数をメニューバーのリスト画面より入力し、入力した基準点をなめらかに通る曲面を描画ソフトのように記述し、手術経路確認部の画像表示装置 104 で医師に提示するようにしても良い。

**【0036】**

基準点入力部 108 で基準点を入力する際には、メニューバーより手術の種類と手術経路近似面とを入力することにより、図 4 のようなダイアログ画面 132 が画面の端部に現れるので、この画面を用いて 1 つめの基準点を入力する。この基準点入力部 108 における基準点の入力は、マウสดラッグすることにより立体画像を自由に回転させて基準点として入力したい任意点を表示し、この任意点をマウスクリックすることにより行う。この時、入力した点は色が変わり、入力されたことが容易に認識できる。なお、基準点を修正する場合には、ダイアログ画面 132 で該当点の修正ボタン 130 を押してから、立体画像における基準点をマウスクリックし直すことにより、基準点を新たな修正点に変更することができる。2 つめ以降の基準点を指定するときは、1 つ前の基準点を指定した後に、修正ボタン 130 を押さずにマウスクリックする。これによって、マウスクリックした点を自動的に次の通過点として認識する。

**【0037】**

医師により 4 つ全ての基準点を入力した後に図 4 のダイアログ画面で確定ボタン 131 が押されると、骨切線は手術経路計算部 107 で計算される。手術経路計算部 107 は、4 つの基準点全てを通る、提示医用画像の座標系における球面の方程式を計算し、球面方程式上の医用画像データの数値が骨を表すデータかど



うかを判別することにより、この球面の方程式と骨とが交わる面を骨切線として計算する。骨切線は、画像処理部 1 0 3 で画像情報に直された後、画像表示装置 1 0 4 において医師に提示される。

#### 【 0 0 3 8 】

骨切線の検討は、画像処理部 1 0 3 において、立体図全体の回転で使用しているボタンと左右逆のボタンを押してマウスでドラッグすることにより、骨切線に囲まれた骨を回転させ、手術をシミュレーションして行う。その際、医師は、任意の時点で、画像抽出部 1 0 2 において患部の骨周辺の腱などの重要臓器を画像抽出し、骨の画像に重ね合わせて表示することにより、骨を回転させる際に重要臓器を傷つけないか、皮膚切開後に骨組織まで組織を切り開く際に切り開きにくくないかといったような、骨切線と重要臓器との関係を確認することができる。また、画像処理部 1 0 3 において、骨切線より画面手前の組織を画像抽出部 1 0 2 により削除あるいは移動することにより、骨切線と重要臓器との関係を確認することができる。

#### 【 0 0 3 9 】

骨切線の修正は、図 4 のダイアログ画面 1 3 2 で修正を希望する基準点のボタンを押して、立体画像上で基準点をマウスクリックし直すことにより行う。修正終了後、図 4 のダイアログ画面 1 3 2 において医師により確定ボタン 1 3 1 が押されると、4 つの基準点全てを通る球面と骨とが交わる面を骨切線として医師に提示する。

#### 【 0 0 4 0 】

ナビゲーションシステム 3 は、マーカ 3 0 0、三次元位置計測装置 3 0 1、位置情報統合部 3 0 2、撮像装置 1 0 0、画像作成部 1 0 1、画像抽出部 1 0 2、画像処理部 1 0 3、画像表示装置 1 0 4 を備えて構成されている。なお、撮像装置 1 0 0、画像作成部 1 0 1、画像抽出部 1 0 2、画像処理部 1 0 3、画像表示装置 1 0 4 は、図 1 に示すように患部形状把握機能部 1 0 と共用されている。

#### 【 0 0 4 1 】

ナビゲーションシステム 3 は、位置情報統合部 3 0 2 において、実際の患者の位置座標系から手術計画前に撮像した患者の医用画像上の位置座標系に変換する

変換行列を求め、実際の患者の位置座標系における術具の位置座標にこの変換行列をかけることにより患者の医用画像座標系における術具の座標を求める。しかる後、手術計画前に撮像した患者の医用画像上に術具の位置を提示する画面を画像作成部 101 において作成し、この画面と手術経路計算部 107 で作成した手術経路線と重ね合わせた画面を画像処理部 103 で作成し、画像表示装置 104 においてリアルタイムに医師に提示する。

#### 【0042】

手術ロボット 2 は、術具を把持するマニピュレータ（ロボット腕）201 と、これを操作するマニピュレータ制御装置 200 とを備えて構成されている。手術ロボット 2 の操作は、自動と手動が選択可能である。自動で手術ロボット 2 の操作を行う際は、手術経路計算部 107 で計算した結果をマニピュレータ制御装置 200 に送信して、計画した手術経路どおりにマニピュレータ 201 を制御して手術を行う。

#### 【0043】

手動で手術ロボット 2 の操作を行う際は、操作卓より制御情報をマニピュレータ制御装置 200 に送信してマニピュレータ 201 を操作することにより手術を行う。なお、手動で手術を行う際は、ナビゲーションシステム 3 を用いて、手術計画と実際の手術のずれを確認しながら手術を行う。

#### 【0044】

ここで、手術計画前に撮像した患者の医用画像には、手術計画システム 1 で用いた医用画像を用いる。ただし、最初に撮像装置 100 で撮像する際にマーカを 3 つ以上貼り付けた状態で撮像しておく。実際の患者の位置座標系から手術計画前に撮像した患者の医用画像上の位置座標系に変換する変換行列は次のようにして求める。まず、手術計画前に患者の医用画像を撮像した時に 3 つ以上のマーカを貼り付けた場所と同じ場所に実際の患者に同数のマーカ 300 を貼り付け、このマーカ 300 の位置座標を三次元位置計測装置 301 にて計測して 3×3 以上の行列で表す。この行列を手術計画前に撮像した患者の医用画像上マーカ位置座標を表す 3×3 以上の行列に変換するための行列は、位置情報統合部 302 において計算することにより求められる。

**【0045】**

実際の患者の位置座標系における術具の位置座標は次のようにして求める。まず、実際の患者の位置座標系における手術ロボット2の基準位置3点を三次元位置計測装置301で計測する。次に、位置情報統合部302において、手術ロボット2の設計数値と、マニピュレータ制御装置200から出力される制御情報より求めた手術ロボット2の基準位置とから、マニピュレータ先端で把持した術具位置までの変換行列を実際の患者の位置座標系における手術ロボット2の基準位置3点の座標に掛ける。これにより前記の術具の位置座標が求められる。

**【0046】**

位置情報統合部302における、医用画像上のマーカの位置と実際の患者に貼り付けたマーカ300の位置と手術ロボットの基準点の入力は、次のように行う。

**【0047】**

画像表示装置105のメニューバーより「ナビゲーション初期設定」を選択すると、図5のようなダイアログ画面314が画面の端部に現れる。医師は、このダイアログ画面314において表示されているタブ「医用画像」310、タブ「実際の患者」311、タブ「手術ロボット」312より、入力するタブを選択した後に入力を行う。

**【0048】**

ここで、医用画像上のマーカの位置を入力する際は、図5においてタブ「医用画像」310を選択した後、医用画像の画面で立体図をマウสดラッグすることにより自由に回転させて入力点として入力したい任意点を表示する。この状態で、任意点をマウスクリックすることにより1つめの入力が行われる。修正する場合は、図5のダイアログ画面314で該当点の修正ボタン313を押してからマウスクリックし直すことにより行われる。2つめ以降の入力点を指定するときは、1つ前の入力点を指定した後に修正ボタンを押さずにマウスクリックすると、マウスクリックした点を自動的に次の入力点として認識する。

**【0049】**

実際の患者のマーカ300の位置を入力する際は、図5においてタブ「実際の

患者」311を選択した後、三次元位置計測装置301の計測プローブを医用画像上のマーカの位置を入力した時と同じ順番で患者に貼り付けたマーカ300に当てて位置情報統合部302にマーカの位置情報を送信する。送信が完了すると、図6に示した画面のように位置座標数値313が表示されるので、表示確認後に該当するマーカの入力ボタン315を押す。2つめ以降の入力点を指定するときは、1つ前の入力点を指定した後に、修正ボタン316を押さずに三次元位置計測装置301の計測プローブを患者に貼り付けたマーカ300に当てる。これによって、位置情報統合部302にマーカ300の位置情報が送信され、1つめのマーカ300の位置情報を入力した際と同様に位置座標数値314が表示されるので、表示確認後入力ボタン315を押す。なお、修正する場合は、図6に示したダイアログ画面で該当点の修正ボタン316を押してから三次元位置計測装置301の計測プローブを患者に貼り付けたマーカに当て直すことにより修正することができる。

#### 【0050】

手術ロボットの基準点を入力する際は次の通り行う。図5のダイアログ画面においてタブ「手術ロボット」312を選択すると、図6で示した実際の患者のマーカ位置入力画面と同様の手術ロボットのマーカ位置入力画面が表示される。その画面において、三次元位置計測装置301の計測プローブを予め決めてある順番どおりに基準点に当てる。これによって、位置情報統合部302に基準点の位置情報が送信され、図6で示したダイアログ画面のように位置座標数値314が表示されるので、表示確認後入力ボタン315を押す。なお、修正する場合は入力時と同じダイアログ画面で該当点の修正ボタン316を押してから三次元位置計測装置301の計測プローブを基準点に当て直すことにより修正することができる。

#### 【0051】

医用画像上のマーカの位置、実際の患者に貼り付けたマーカの位置、手術ロボットの基準点などの全ての点の位置座標を入力すると、全ての入力完了を確認するダイアログ画面が表示されるので、このダイアログ画面で「OK」を選択することにより入力が完了する。

**【 0 0 5 2 】**

手術計画前に撮像した患者の医用画像上に術具の位置を提示する画面は、複数の画面が選択可能になっている。即ち、手術計画前に撮像した患者の医用画像上に手術ロボットと術具の画像を 3 D で重ね合わせて表示する画面と、手術計画前に撮像した患者の医用画像上に術具の画像のみを 3 D で重ね合わせて表示する画面のどちらかを、医師により選択可能となっている。その選択方法は、メニューバーより「ナビゲーション画面形式選択」を選択した後に、「ロボットと術具」あるいは「術具のみ」を選択する。なお、この選択は手術中も可能である。また、実際の患者の位置座標系における術具の位置座標は、術具に直接マーカを貼り付け、このマーカの位置を三次元位置計測装置 3 0 1 を用いて計測して求めても良い。

**【 0 0 5 3 】**

手術計画前に撮像した患者の医用画像上に術具の位置を提示する方法は、手術前に使用する全ての術具の医用画像を撮像装置 1 0 0 において撮像し、この画像を患者の医用画像上に 3 D で重ね合わせて表示する。なお、手術ロボットの 3 D 画像は予め撮像ファイルに入力してある。術具の画像を選択する方法は、術具を変更するたびに、メニューバーより「術具ファイル選択」を選択し、ファイルを開くダイアログ画面より術具ファイルを選択する。

**【 0 0 5 4 】**

本実施例によれば、手術計画段階において、手術ロボットによる R A O といった骨切り手術に必要な滑らかな手術経路を描くことができる手術支援システムを提供することができる。また、手術経路を線の集合でなく滑らかな面として設定可能としたことにより、滑らかな手術経路を設定する際に必要な入力項目が、途中の屈曲点を設定する方法よりも少ないため医師の省力化を図ることができ、さらに、整形外科全般で利用できる手術支援システムを提供することができる。

**【 0 0 5 5 】**

次に、手術ロボット 2 を使用した R A O による手術以外の手術を行う際に適用される本発明の第 2 の実施例を説明する。

**【 0 0 5 6 】**

この第2の実施例は、手術経路の一部が楕円、楕円柱、円、円柱、放物線、放物線柱、直線、方形、直方体あるいは球で近似できる手術において、骨切や穿刺といった手術の種類を画面上のボタン、スライダ、メニューバーあるいはその他の入力形式により入力したり、近似する線の種類を画面上のボタン、スライダ、メニューバーあるいはその他の入力形式により入力したりする基準点入力部としたものである。また、近似する線の種類に応じた必要数の基準点の三次元位置座標を、手術前に撮像した患者の立体医用画像上においてマウスあるいはタッチパネル上でクリックすることにより指定するようにしたものである。

#### 【0057】

#### 【発明の効果】

以上説明した各実施例の説明から明らかなように、本発明によれば、患部の滑らかな手術経路を簡単に設定でき、これによって整形外科手術を容易に且つ確実に行える手術支援システム及び手術支援方法並びにそのプログラムを得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の第1の実施例の手術支援システムを合わせて示す構成図である。

#### 【図2】

図1の手術支援システムに用いる患部画像の一例を示す図である。

#### 【図3】

図1の手術支援システムのスライス画像用任意線入力部のダイアログ画面を示す図である。

#### 【図4】

図1の手術支援システムの基準点入力部のダイアログ画面を示す図である。

#### 【図5】

図1の手術支援システムの位置情報統合部のダイアログ画面を示す図である。

#### 【図6】

図5のダイアログ画面の異なる表示例を示す図である。

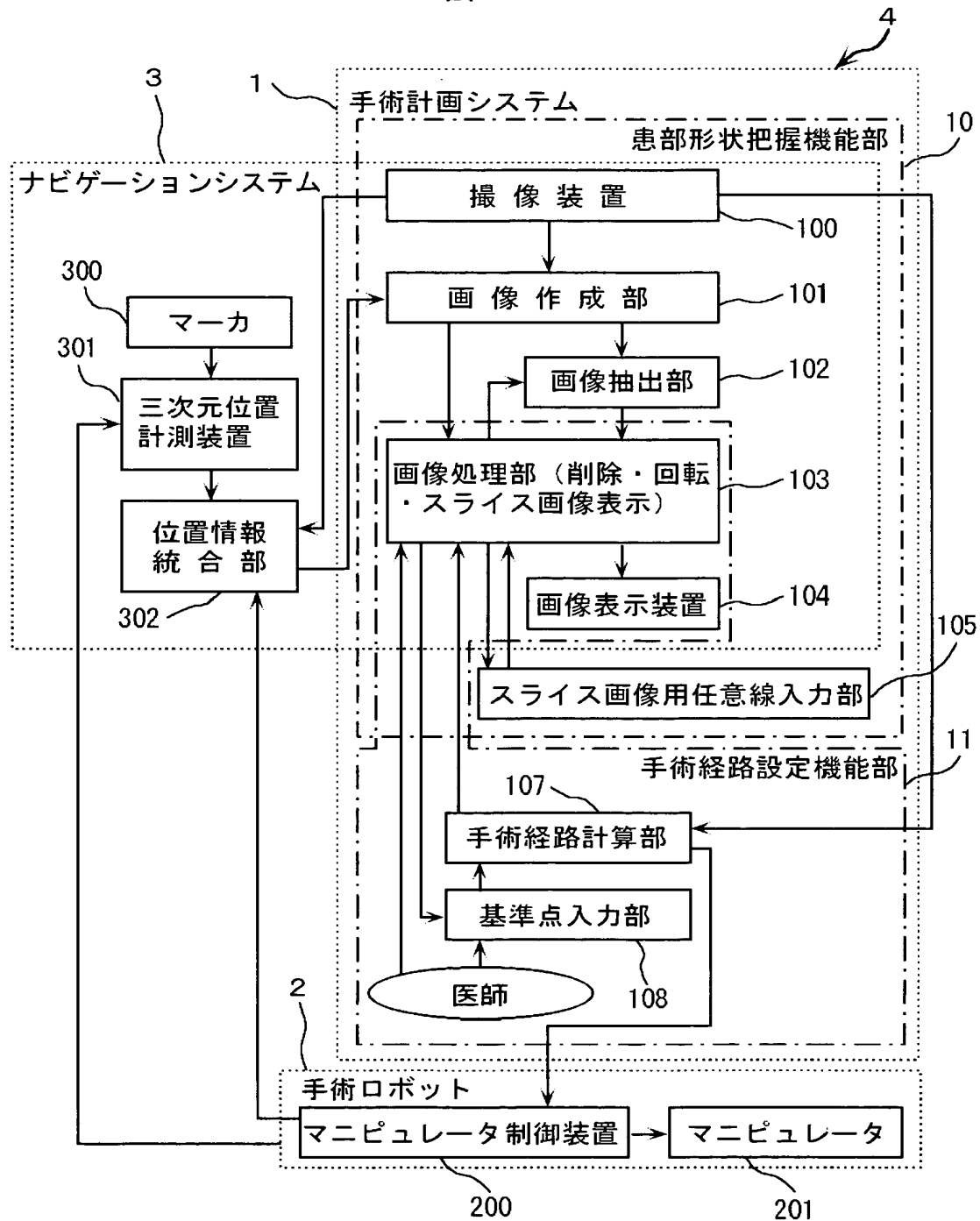
#### 【符号の説明】

1…手術計画システム、2…手術ロボット、3…ナビゲーションシステム、4…手術支援システム、100…撮像装置、101…画像作成部、102…画像抽出部、103…画像処理部、104…画像表示装置、105…スライス画像用任意線入力部、107…手術経路計算部、108…基準点入力部、110…寛骨臼蓋、111…欠損部、112…骨切線、120…修正ボタン、121…確定ボタン、122…修正ボタン、130…修正ボタン、131…確定ボタン、200…マニピュレータ制御装置、201…マニピュレータ、300…マーカ、301…三次元位置計測装置、302…位置情報統合部、310…タブ「医用画像」、311…タブ「実際の患者」、312…タブ「手術ロボット」、313…修正ボタン、314…位置座標数値、315…入力ボタン、316…修正ボタン。

【書類名】 図面

【図 1】

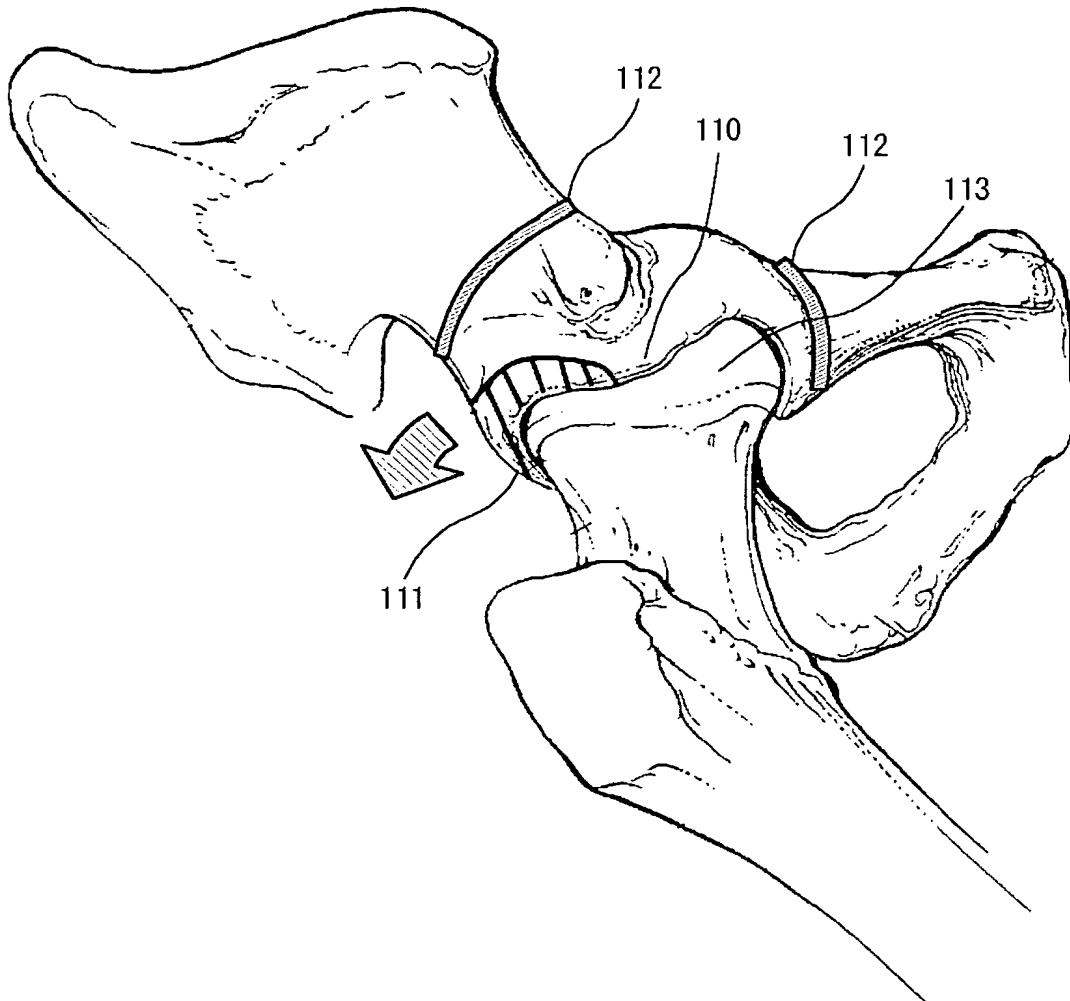
図 1





【図 2】

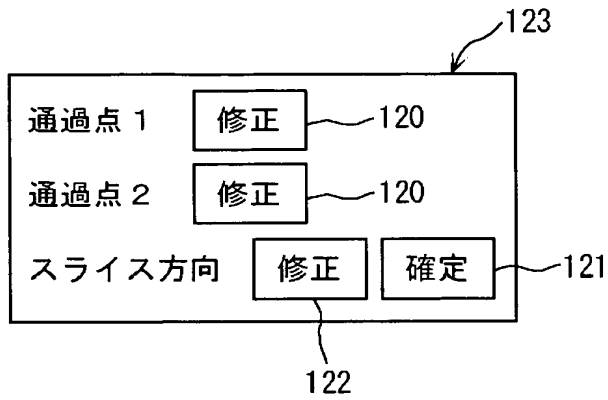
図 2



BEST AVAILABLE COPY

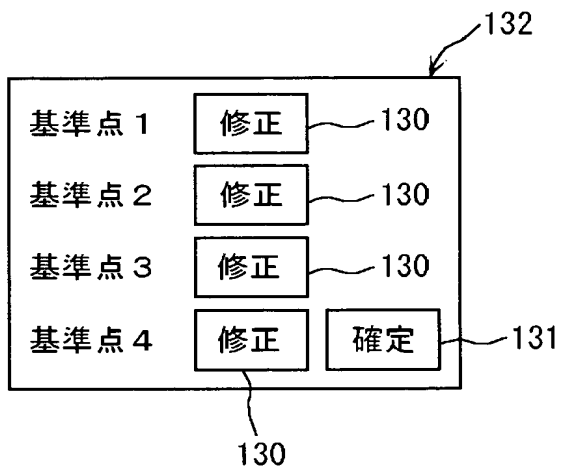
【図 3】

図 3



【図 4】

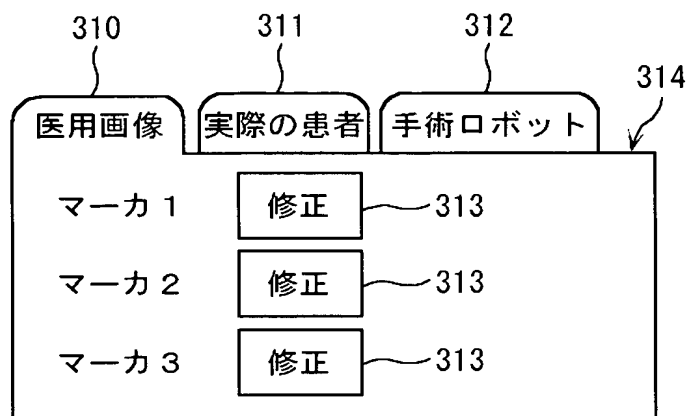
図 4



UNAVAILABLE COPY

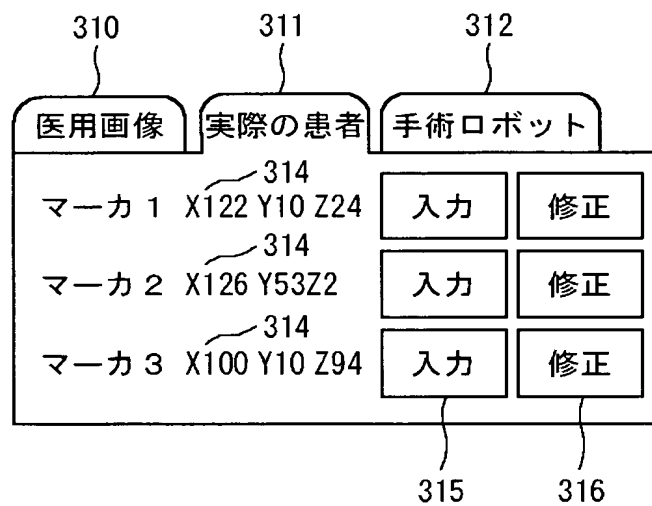
【図 5】

図 5



【図 6】

図 6



PRINTED AVAILABLE COPY

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

手術支援システムにおいて、患部の滑らかな手術経路を簡単に設定でき、これによって整形外科手術を容易に且つ確実に行えるようにする。

【解決手段】

手術支援システムは、患部を撮像する撮像装置 1 0 0 と、撮像された患部の立体画像を作成する画像作成部 1 0 1 と、手術の種類および立体画像に基づいて手術経路の基準点を入力する基準点入力部 1 0 8 と、入力された手術の種類および基準点に基づいて患部の滑らかな手術経路を計算する手術経路計算部 1 0 7 と、立体画像および手術経路を所望状態に表示可能に処理する画像処理部 1 0 4 と、画像処理部 1 0 3 で処理された画像を表示する画像表示装置 1 0 4 とを備える。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 4 8 7 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所